International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(3): 117-132
https://isg-journal.com/international-science-journal-of-engineering-agriculture/
doi: 10.46299/j.isjea.20220103.10
ISSN: 2720-6319

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АВТОМАТИЗАЦІЯ — ПЕРСПЕКТИВА СІЛЬСКОГО ГОСПОДАРСТВА

Станіслав Березовський[1], Олексій Дяченко[1]
[1]Кафедра Інформаційних Технологій, Одеський Державний Аграрний Університет
ORCID 0000-0001-8796-0263
ORCID 0000-0001-9670-2266
Електронна адреса: bsa.70707@gmail.com, oleksa.03@gmail.com

Для цитування цієї статті:
Станіслав Березовський, Олексій Дяченко. Інтелектуальна автоматизація — перспектива сільского господарства. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 3, 2022, pp. 117-132. doi:10.46299/j.isjea.20220103.10.
Надійшла до редакції: 22 липня 2022 р.; **Схвалено:** 28 липня 2022 р.;
Опубліковано: 01 серпня 2022 р.

Анотація: На основі даних світової наукової спільноти щодо "сюрпризної" кліматичної ситуації, зростаючої динаміки цивілізації та урбанізації у країнах, які розвиваються, досліджено *проблему* визначення нових підходів до розвитку й ведення сільського господарства, зокрема на основі зміни парадигми його ведення. *Аналіз* новітніх публікацій, що відображають наукову оцінку цього процесу, зумовив необхідність надання особливої ваги у нашій роботі проблемі інноваційного потенціалу галузі, оскільки нагальні питання можна вирішувати, синтезуючи відомі інженерні технології з інноваційно-інтелектуальною моделлю розвитку сільського господарства. Зазначено, що потенціал екстенсивного розвитку в агросекторі вичерпано, тому *актуальними* є технології, які підвищують інтенсивність й ефективність сільського господарства внаслідок подолання кризи системного мислення у сільському господарстві та переходу до розвитку адаптивного сільгоспсектора у регіонах, з оптимізацією логістики, концептуальним використанням задіяних і залишків вільних сільгоспземель у більшості країн світу. Акцентується те, що впровадження нових *технологічних рішень*, починаючи з автоматизованого сільськогосподарського обладнання із застосуванням новітніх кремнієвих розробок мікроелектроніки – мікроконтролерів та мікропроцесорів й широкого спектру цифрових датчиків, за допомогою яких уможливлюється відстеження апріорних груп параметрів довкілля, флори й фауни, а також динаміки їхньої варіативності, екстремальних значень, на підставі чого здійснюється оцінка реального стану та прогнозування, у результаті – сільське господарство перетворюється на сектор з надзвичайно інтенсивним потоком даних. Наголошено, що дані, зібрані завдяки мережевим технологіям в одному місці, можуть бути оброблені сучасними науковими методами для виявлення

закономірностей, на основі котрих можна з високою вірогідністю ухвалювати адекватні рішення щодо кількісної оцінки результатів сільгоспдіяльності та мінімізації витратних ризиків. *Висновується*, що інтенсивне впровадження цифровізації та Інтернету речей (*IoT*) у сільське господарство (*IoTAg*) має перетворити галузь, що менш ніж будь-яка інша під впливом ІТ, на високотехнологічний бізнес завдяки стрімкому зростанню продуктивності та зниженню непродуктивних витрат.

Ключові слова: інтелектуальна система автоматизації, цифровізація сільського господарства**,** мікропрограмній автомат**,** асоціативна обробка інформації, ситуативний пристрій, комутаційний елемент Березовського, радіочастотна ідентифікація, інтернет речей у сільському господарстві**.**

---

1. Введення

Населення світу, як відомо, зросло з 1 мільярда (у 1800 році) до 7 мільярдів (у 2011), а вже цієї осені (у листопаді 2022) населення Землі вперше в історії досягатиме 8 мільярдів людей — ООН [1]. Цивілізація потребує зміни парадигми: прагнення відновлення економіки завдяки "озелененню" "коричневої" економічної моделі розвитку, що має стати рушійною, "точкою відліку" у розвитку людства [2].

Сьогодні є унікальна можливість для країн з економікою, що розвивається, "перестрибнути" через етап великих обсягів викидів і надмірного споживання ресурсів, якими супроводжується "коричнева" стадія індустріалізації. Це є найважливішим, оскільки, як передбачається, найбільше зростання населення спостерігатиметься саме в країнах з економікою, що формується. Саме інженерне мистецтво має допомогти впоратися з проблемами бурхливого зростання населення/урбанізації та забезпечення людства продуктами харчування та водою, а також із напруженою ситуацією щодо кліматичних змін.

Зазначені ***проблеми*** можна вирішувати за допомогою відомих інженерних технологій та *інноваційно-інтелектуальної моделі розвитку сільського господарства*. Це означає, що не слід відкладати дії глобального масштабу в очікуванні чергового великого відкриття у сфері технологій або прориву в галузі управлінських регіональних рішень. Майбутнє територіальних/регіональних агрокомплексів — інтелектуальне сільське господарство та землеробство, що використовують автоматизовані системи збирання, обробки, зберігання, передачі та візуалізації даних на базі сучасних технологій.

Розробники *інтелектуальних систем автоматизації* для сільського господарства та системні інтегратори отримують унікальну можливість створювати проекти, які можуть призвести до підвищення врожайності, зниження витрат та покращення харчування у світі. Розробки спрямовані на те, щоб допомогти фермерам подолати розрив між попитом та пропозицією,

забезпечивши високі врожаї, прибутковість та збереження навколишнього середовища. До 2025 року, за експертними прогнозами, має відбутися чотириразове збільшення світового ринку інтелектуальних комплексів.

2. Початок цифровізації та велика кремнієва технологічна революція

Завдяки використанню різноманітних інноваційних платформ у сільському господарстві можливе не лише збільшення кількості продукції, що виробляється, а й покращення її якості. Сьогоднішня дійсність/реальність — третя промислова революція (3IR), комп'ютерна чи цифрова. Особливість революції – її цифрова складова, коли пусковим механізмом стало технологічне освоєння та широке застосування напівпровідників, розробка елементів та модулів цифрової електроніки, а пізніше – персональних комп'ютерів та мережі Інтернет на їх основі.

Революція ознаменувалася появою електронного числового інтегратора та обчислювача ЕНІАК (ENIAC-Electronical Numerical Integrator and Calculator) (Запущено 14 лютого 1946) (рис.1).

Обчислювач ЕНІАК був побудований Пенсільванським університетом та призначався для розрахунків таблиць стрілянини. Особливості ЕНІАК були такі: використовується в ньому десяткова система числення і як основа компонентної бази застосовувалися вакуумні лампи [3].

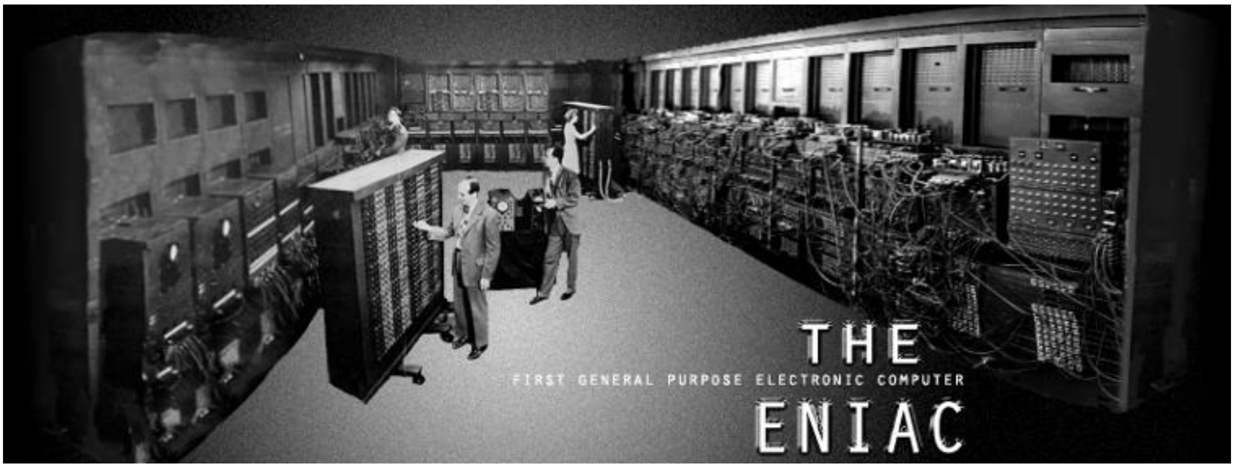


Рисунок 1. Обчислювач ЕНІАК Пенсільванського університету

У результаті ряду оновлень ENIAC (з урахуванням рекомендацій Фон Неймана) обчислювач перетворився на перший широкомасштабний цифровий електронний комп'ютер, який можна було перепрограмувати для вирішення повного діапазону завдань.

За преіод свого існування ENIAC виконував розрахунки для проектування водневої бомби, прогнозу погоди, дослідження космічних променів, дослідження випадкових чисел і, навіть, проектування аеродинамічної труби.

При цьому головною інноваціею епохи, яка розпочалася, – епохи становлення гігантської індустрії високотехнологічних підприємств електроніки – стали напівпровідникові технології. *Актуальними*, на думку вчених/розробників, є кремнієві та споріднені кварцові технології, а оскільки кремній за масою займає в земній корі друге місце, (Рис. 2) то можна припустити, що це і є рішення, що дозволяють отримувати широкий спектр затребуваної на ринку продукції.

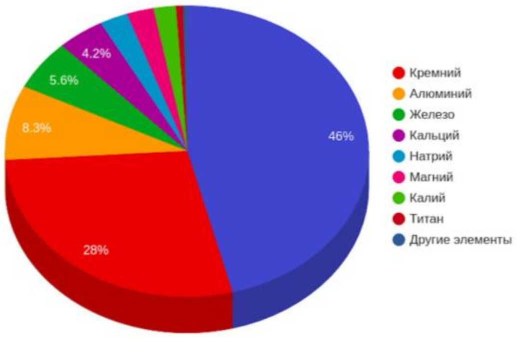


Рисунок 2. Кремній за масою посідає у земній корі друге місце

Технології дозволили вирішити питання збільшення обсягів використовуваної пам'яті, підвищення розрядності, швидкодії, структури/топології, крім того вирішити низку проблем із споживаною енергією, тепловідведенням, зниженням масогабаритних характеристик та ін.

Наочним прикладом може бути інтегральне рішення ENIAC (Рис.3), представлене фотографом Річардс, Марк, 1995 р., Пенсільванія, США (Photographer Richards, Mark, 1995, Pennsylvania, United States) [4].

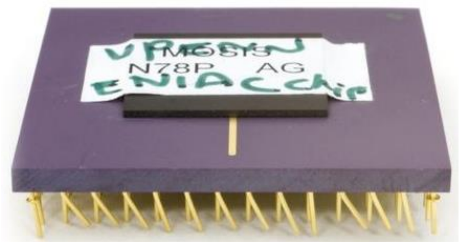


Рисунок 3. Фото Photographer Richards, Mark, 1995, Pennsylvania, United States

Проте, найбільш важливою технологією, безперечно, є виробництво напівпровідникового кремнію [5]. Це – матеріал номер один у сучасній електроніці. Близько 90% приладів, що випускаються гігантською індустрією високотехнологічних підприємств, виготовляються на його основі. Саме завдяки кремнієвим мікросхемам світова цивілізація отримала потужну комп'ютерну і телекомунікаційну індустрію, що динамічно розвивається, надалі – комп'ютерні технології розвивалися прискореними темпами.

3. Мікропрограмні автомати.

У науці й техніці на старті 3-й промислової революції починають активно використовуватисґ цифрові методи обробки інформації.

Розширюється сфера застосування цифрових систем – технічних засобів обробки цифрової інформації. Нова галузь науки і техніки – цифрова техніка вивчає принципи побудови, методи проектування та способи технічної реалізації цифрових систем[6]. Цифрова техніка використовує досягнення суміжних фундаментальних і прикладних наук, таких як математична логіка, кібернетика, електроніка тощо. На початкових етапах проектування функціонування різних засобів обчислювальної техніки використовувалося їх подання у вигляді цифрових мікропрограмних автоматів (МПА): керуючого та операційного (рис. 4).

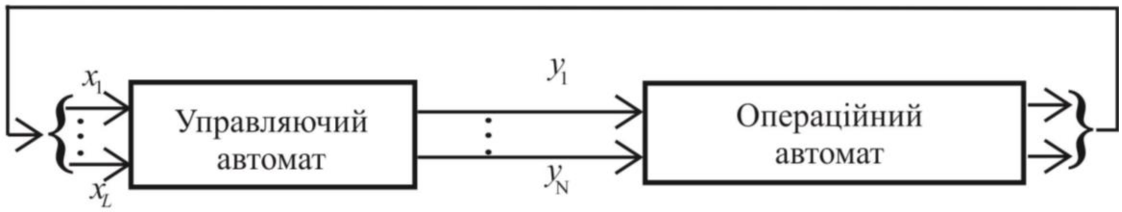


Рисунок 4. Функціональна схема цифрового мікропрограмного автомата

Операційний автомат складався з пристроїв, що виконують деякі операції-блоки пам'яті, регістри, суматори, канали передачі інформації, шифратори тощо, а керуючий автоматом — з пристроїв, які координують дії названих пристроїв, визначаючи послідовність переробки в них інформації. Завданням керуючого автомата є, таким чином, вироблення розподіленої в часі послідовності вихідних (керуючих) сигналів, під впливом яких в операційному автоматі здійснюється деяка операція.

Розроблена методика синтезу МПА дозволяла виконувати проектування пристроїв під обрані типи виконавчих виробів електроніки[7,8]. МПА мали ряд переваг: надійність (стійкість до вражаючих факторів), швидкодія, мінімальні апаратурні витрати, але призначалися для виконання однієї мікропрограми без можливості модифікації завдання [9,10]. На їх основі були розроблені нові покоління цифрових датчиків, виконавчих механізмів та пристроїв для автоматизації технологічних процесів, у тому числі – і в сільському господарстві.

4. Мікроконтролери - MCU

На стику мікроелектроніки та цифрової техніки народилася інша нова галузь – цифрова мікросхемотехніка, що забезпечила реалізацію на одному

кристалі повні цифрові системи.. Стартував новий період 3-ї промислової революції – розробка та застосування мікроконтролерів (MCU)[11].

Сьогодні розробників та споживачів мікропроцесорних модулів систем збирання, накопичення та обробки інформації, автоматизованого інтелектуального управління сфери виробництва, особливо секторів сільського господарства, хвилюють *проблеми* досягнення найбільш оптимального *балансу між продуктивністю, енергоспоживанням та безпекою.* Свого часу цим питанням приділяв багато уваги академік В. М. Глушков, ім'я якого носити Інститут кібернетики НАН України в Києві. Під керівництвом академіка було створено та впроваджено унікальні системи автоматизації (проектування), було створено ряд інтелектуальних систем, розпочато роботи зі штучного інтелекту (1959 рік).

4.1. Мікроконтролери компанії STMicroelectronics

Можна сміливо стверджувати, що багато із зазначених завдань вдається реалізувати компанії STMicroelectronics(Semiconductor manufacturing company), інженери якої розробили та впровадили випуск нового сімейства STM32L5 (рис.5).



Рисунок 5. Логотип компанії STMicroelectronics та галузі застосування

Завдяки новому ядру, а також новому прискорювачу, в який, крім іншого, інтегрована функція підтримки зовнішньої пам'яті, мікроконтролери STM32L5 досягають рівня 443 CoreMark, маючи до 512 кбайт Flash-пам'яті (Dual Bank) та 256 кбайт SRAM [12].

Важливим також є підвищення безпеки, що уможливлюється, головним чином, інтегрованою в ядро функцією TrustZone. Функція TrustZone дозволяє *розділити пам'ять*, інтерфейси та периферію на два ізольовані сегменти. Концепція технології TrustZone не є новою (Гарвадська структура), дана

технологія була доступна ще на процесорах серії ARM Cortex-A. В обох прикладах процесор має захищені та незахищені сегменти, причому незахищене програмне забезпечення може отримати доступ тільки до незахищених сегментів пам'яті. За наявності TrustZone, захищене та незахищене програмне забезпечення можуть працювати спільно, але незахищені програми не можуть безпосередньо звертатися до захищених ресурсів. Натомість будь-який доступ до захищених ресурсів здійснюється через спеціальні *API* (Application Programming Interface - "програмний інтерфейс програми"), що надаються захищеним програмним забезпеченням. Даний принцип розподілу дозволяє захистити важливі сектори даних навіть у випадках, коли код у незахищених секторах було скомпрометовано несанкціонованими діями.

Іншою важливою *інновацією* є можливість додавання власних інструкцій. Архітектурно підтримка інструкцій, що настроюються, здійснюється завдяки додаванню до складу ядра модуля, який спеціально налаштовується. Можливість додавання власних інструкцій не впливає на їхній базовий набір.

Однією з основних відмінних рис сімейства STM32L5 є високий рівень безпеки, який багато в чому досягається завдяки використанню алгоритму шифрування AES, функції поділу розділів TrustZone, а також технологіям безпечної установки та оновлення програмного забезпечення.

Мікроконтролери STM32L5 розроблялися для впровадження у широкому спектрі застосувань, таких, як додатки Інтернету речей (*IoT*), витратоміри, розумний годинник, промислові датчики, пристрої автоматизації з батарейним живленням, та здатні відкрити дорогу до нових звершень у галузі Інтернету речей, мобільної техніки й інших додатків з живленням від акумулятора або батареї. (рис. 6).



Рисунок 6. Галузі застосування мікроконтролерів STM32L5

Крім того, будь-який мікроконтролер виробництва компанії STMicroelectronics – це не просто компонент, а й ціла *база бібліотек* та документів, що входять до великої екосистеми STM та дозволяють *максимально полегшити розробку рішень та додатків* на базі конкретної моделі мікроконтролера *для сільского господарства* у широкому діапазоні робочих температур, аж до 125°C.

4.2. Мікроконтролери MCU для бездротового зв'язку

Проте будь-яка комплексна автоматизована територіальна система сільського господарства виходить з системи зв'язку.

В.М. Глушков ще у 1963 висунув ідею щодо об'єднання обчислювальних центрів у загальнодержавну мережу, побудови на цій основі Загальнодержавної автоматизованої системи обліку та обробки інформації та Регіональної автоматизованої системи[13].

Сьогодні розробляються і реалізовуються проекти, що об'єднують (за допомогою 2D програмованих комутаційних структур зі здатністю до реконфігурації на комутаційних елементах [14,15,16,17] апріорні набори MCU у високопродуктивні системи збору, обробки інформації. Таки системі призначені для інтелектуальної автоматизації сільського господарства на основі нової парадигми розвитку.

Особливий інтерес представляє технологія бездротового зв'язку RFID (Radio Frequency IDentification, радіочастотна ідентифікація), яка дозволяє автоматично ідентифікувати фізичні об'єкти (з наданою спецміткою/інвентарним номером), у тому числі ті, що знаходяться на відстані. RFID має ряд переваг порівняно зі старішими технологіями, такими, як штрих-коди та реєстратори даних [18]. Для RFID розроблено спеціальні стандарти, що стосуються питань конфіденційності та безпеки(рис.7).

Мітка RFID, нанесена на транспортний засіб під час виробництва, може використовуватися для відстеження його руху, а мікрочипи RFID, що імплантовані великій рогатій худобі та тваринам, можуть не тільки забезпечувати миттєву ідентифікацію та територіальну ідентифікацію тварин, але й підтримувати великий набір даних, включаючи стать, племінний родовід та якість лактації, товарні дані, метеоінформацію на всіх плантаціях та культиваціях. Розмістивши мітки RFID у нашийнику, карті, ін'єкції, планшеті або просто у програмі сільськогосподарських продуктів, визначатимемуть стан здоров'я продукту.



Рисунок 7. Логотип RFID та галузі застосування.

Обробляючим підприємствам зручно одночасно завантажувати дані до мікрочипу RFID, що складається з бізнес-коду, дати обробки, набору обробки, ваги набору тощо. Революція сільськогосподарської логістики зумовить економічне зростання інтелектуального сільського господарства. Впровадження RFID допомагає виробникам подолати проблему корупції. Конкурентний тиск, нормативні вимоги, глобальні ланцюги постачання та проблеми захисту в секторі агробізнесу долаються з появою RFID. Ця система є доволі затратним рішенням, але альтернативи радіочастотній ідентифікації не існує. Технологія RFID точніша і не вимагає зорового контакту. Вона надає дані у режимі реального часу, які можуть допомогти роздрібним торговцям та дистриб'юторам у складанні графіків доставки продуктів, а також дозволяють клієнтам виявляти внутрішні деталі продуктів харчування протягом усього ланцюжка постачання. Надання налаштувань метрик та відстеження для конкретних складів, відділів та процесів може допомогти підвищити підзвітність.

Однак технології RFID властивий сущений недолік-іншими словами живлення по бездротовому підключенню можна подавати з невеликої відстані та певного напряму, що обмежує можливості їх застосування у віддалених системах сільського господарства.

5. Мікропроцесори - MPU

Нова розробка у світі цифрової мікроелектроніки – 2-х ядерний мікропроцесор (MPU) з гетерогенною архітектурою [19] дозволяє інженерам вбудованих систем реалізувати нові можливості проектування та доступ до платформ Linux та Android з відкритим вихідним кодом. Ця гнучка архітектура дозволяє призначати передові цифрові та аналогові периферійні пристрої будь-якому ядру, забезпечуючи при цьому найкращу енергоефективність залежно від вимог до обробки та виконання в реальному часі. Щоб допомогти інженерам

скоротити час розробки програм, був розроблений повністю стандартний дистрибутив Linux з відкритим вихідним кодом і набір системних інструментів нового покоління. **MPU** работает с гораздо более высокой вычислительной мощностью и гораздо более крупными приложениями.

Це надає можливість проектувати інтелектуальні системи для сільського господарства.

6. Пристрої категорії Інтернет речей

Хмарне підключення до всіх MCU та MPU здійснювалося за допомогою модулів GSM та WiFi.

Сьогодні світові виробники MCU та MPU приділяють підвищену увагу до розробки нових компонентів, які мають унікальні функції, що дозволяють надавати хмарні сервіси для пристроїв з простими клієнтськими бібліотеками для всіх основних платформ розробки обладнання категорії Інтернет речей (IoT). потужним API(Application Programming Interface), красивими інформаційними панелями, універсальними та безпечними [20,21].

Вже розроблено плати, що підтримують IoT:

- лінійка продуктів від Espressif та AI thinker – чипи ESP мають велику гнучкість і можуть використовуватися як модулі Wi-Fi, підключатися до інших мікроконтролерів або використовуватися в автономних режимах без додаткових мікроконтролерів;
- зі спеціальними функціями: Arduino 101 (розроблена спільно з Intel), MKR1000, Arduino WiFi Rev 2 та MKR Vidor 4000, перша плата Arduino, заснована на мікросхемі FPGA. Зокрема Інтернет речей (Internet-of-Things або IoT) активно впроваджується в різних галузях — від промислової сфери до сільського господарства. Інтернет речей дозволить заощадити масу часу відмовившись від "дідового" обходу всій території та проводити огляд кожної рослини.

Передбачається, що ідеальним рішенням для IoT буде новий стандарт зв'язку - 5G.

Це гарна база для проектування та налагодження нових пристроїв категорії Інтернет речей (IoTAg) для багатьох проектів для сільського господарства..

7. Енергозабезпечення пристроїв категорії Інтернет речей

Сьогодні особливу увагу розробники приділяють питанню енергозабезпечення використовуваних електронних пристроїв та модулів, звідси – потрібні/актуальні пристрої з низьким енергоспоживанням особливо в активному режимі, а також у режимах глибокого сну в інтервалах короткочасних фаз запуску/застосування/взаємодії з бездротовою мережею/відключення.

7.1. Пристрої з акумуляторним живленням

Широко використовуються пристрої із акумуляторним живленням. Абсолютний час роботи від акумулятора визначається сферою застосування та сценаріями використання і може варіюватися від десятків годин до десятків років. Пристрої компактні, встановлюються будь-де, надійні – зручні в експлуатації. У всіх сферах застосування потрібно забезпечити максимальний час автономної роботи для відповідності нормативним вимогам, зниження витрат та розширення галузей застосування.

Усі пристрої бездротового зв'язку повинні відповідати нормативам та стандартам для безпечного та надійного функціонування та забезпечення функціональної сумісності. Втім, акумулятори – ахіллесова п'ята всіх портативних пристроїв. Бурхлива мікромініатюризація практично не торкнулася акумуляторів. І вони розвиваються за законами повільної еволюції. Вченим доводиться боротися за кожний десяток відсотків збільшення їхньої питомої потужності.

Досягнуті параметри акумуляторів для мініатюрних пристроїв наведено в табл.1 [22]:

Таблиця 1

Параметри акумуляторів для мініатюрних пристроїв

Тип	Напруга (В)	Удельная мощность (Вт х ч/дм^3)
Ni-Cad	1,2	40—60
NiMH	1,2—1,4	60—80
Li-Ion	1,5—3,6	90—110
Li-Polymer	1,5—3,6	130—150

Термін роботи батарей (певна кількість послідовно з'єднаних елементів акумуляторів) збільшується при зниженні температури, при якій вони зберігаються і експлуатуються. Але ємність акумуляторів зі зниженням температури падає. У будь-якому випадку температура експлуатації акумулятора має залишатися позитивною.

7.2. Пристрої з елементами альтернативної енергетики

Використання альтернативної енергетики (сонячної, вітряної) - це акумулювання цієї самої енергії. Оскільки сонячна активність так само, як вітрова, циклічна, то енергію треба зберігати – акумулювати, проте

акумулятори поки що не досконалі. Крім того, якщо врахувати, що США, Японія та країни ЄС планують суттєво збільшити частку електроенергії, що виробляється сонячною фотоенергетикою, для елементної бази якої кремній також є основним матеріалом, можна зрозуміти зацікавленість компаній-виробників у нових виробництвах.

7.2.1. Пристрої з властивостями самоадаптованості

Вчені розробили новий матеріал, який може безперервно збирати енергію 24 години на добу[23]. Маючи властивості самоадаптованості, плівка VO2 знаходиться в металевій фазі і може нагріватися до 170 градусів Цельсія вище температури навколишнього середовища під сонячним промінням. А в темряві плівка VO2 перетворюється на ізолятор і може охолоджуватися до 20 градусів Цельсія нижче температури навколишнього середовища.

Комбінація розробленої плівки з елементами Пельтьє може стати «генератором Зеєбека» — модулем для генерації електрики та використовуватися як термоелектричний генераторний модуль у зонах з великими перепадами температур.

Можна запропонувати, що це дослідження є новим підходом до збору відновлюваної енергії з сонячного світла та космосу, і викликає зростаючий інтерес.

7.3. Пристрої Qi стандарту

Розглянемо Qi – стандарт, розроблений Консорціумом бездротової електромагнітної енергії (Wireless Power Consortium, WPC) для індукційної передачі енергії на відстань до 4 см [24].

Апаратура Qi включає пластину передавача (з плоскою котушкою) в базі (підключається до стаціонарного джерела енергії) і сумісний приймач у заряджуваному пристрої, що підключається (також плоска котушка); при використанні пристрій, що розміщують, підключається на пластині передавача. При цьому використовується принцип електромагнітної індукції між цими двома плоскими котушками (аналогічно, як, наприклад, в обмотках трансформаторів).

Стандарт Qi передбачає два варіанти: низької потужності – від 0 до 5 Ватт[3] та середньої потужності – до 30..65 Ватт.

Виробники, які використовують цей стандарт у деяких своїх пристроях: Apple, Asus, HTC, Huawei, LG Electronics, Motorola Mobility, Nokia, Samsung, Xiaomi, Sony, Yota Devices.

Консорціум бездротової електромагнітної енергії був заснований у 2008 році, є відкритим та об'єднує різних виробників Азії, Європи та Америки. Його мета — створення єдиного стандарту технології індукційної зарядки. Коли Qi

стандарт набуде популярності, очікується поява громадських зарядних пристроїв у теплицях, сховищах, базах і тошо.

8. Пристрої з властивостями прийому сигналу і живлення

Як зазначалося вище, розробники IoT-пристроїв стикаються з проблемами подачі живлення при бездротовому підключенні. Живлення можна подавати з невеликої відстані та певного напрямку.

Трансівер, створений дослідниками з Tokyo Tech є першим у своєму роді[25]. Пристрій має два режими: режим прийому та режим передачі. У режимі прийому пристрій приймає сигнал 5G та сигнал потужності міліметрового діапазону. Цей сигнал живлення активує пристрій та забезпечує його живленням. Потім пристрій переходить в режим передачі і відправляє сигнал 5G назад у тому напрямку, з якого був прийнятий. Цей трансівер для мережевого сигналу 5G повністю живиться від бездротової мережі та має високу ефективність перетворення потужності на великих відстанях та кутах прийому сигналу завдяки використанню антенної решітки що є фазованою (рис.8).

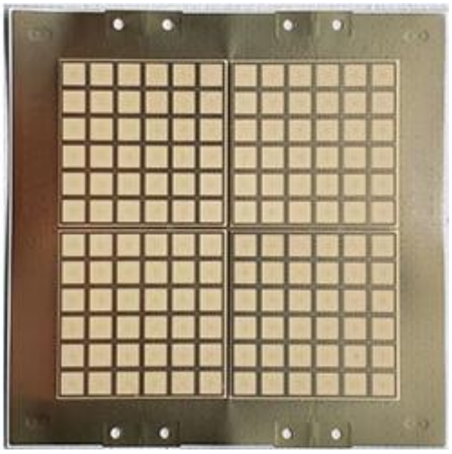


Рисунок 8. Фазована антенна решітка милиметрового диапазону

Результати досліджень дають надію, що подібна технологія може зробити революцію в мережі IoTAg та зняти проблеми енергозабезпечення пристроїв за будь-яких відстаней та топологій мережі та сприяти розвитку інтелектуальної автоматизації сільського господарства без територіальних обмежень.

9. Висновки

Впровадження нових технологічних рішень, починаючи від автоматизованого сільськогосподарського обладнання із застосуванням передових кремнієвих розробок мікроелектроніки - мікроконтролерів та мікропроцесорів та широкого спектру цифрових датчиків, за допомогою яких надається можливість відстеження апріорних груп параметрів навколишнього

середовища, флори та фауни, а також динаміка їх варіацій, екстремальні значення на основі яких оцінюється поточний стан і робляться прогнози перетворюють сільське господарство на сектор з дуже інтенсивним потоком даних.

Зібрані в одному місці за допомогою мережевих технологій дані можуть бути оброблені сучасними науковими методами для виявлення закономірностей на основі яких можна з високою ймовірністю приймати адекватні рішення для кількісної оцінки результатів сільськогосподарської діяльності та мінімізації ризиків втрат.

Інтенсивне впровадження цифровізації та інтернету речей у сільське господарство обіцяє перетворити галузь, менш за інших схильну до впливу IT, на високотехнологічний бізнес за рахунок вибухового зростання продуктивності та зниження непродуктивних витрат.

Список посилань:

1) Населення планети досягне восьми мільярдів вже цієї осені – ООН. (12.07.2022) Укрінформ Мультимедійна платформа іномовлення України. Доступно за адресою: URL: https://www.ukrinform.ru/rubric-world/3527026-naselenie-planety-dostignet-vosmi-milliardov-uze-etoj-osenu-oon.html

2) Дяченко О.П., Березовський С.О. (2022) "Зелена економіка": інтелектуально-випереджаючий підхід // Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування: Міжнародна науково-практична конференція, Одеса, 15 - 16 червня 2022 року.- С. 25-27.

3) ENIAC Computer - Everything You Need To Know (2021) // History Computer Staff. Available at : URL: https://history-computer.com/eniac-computer-guide/

4) ENIAC on a chip (1995) // Computer History Museum. Available at : URL: https://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/78/327?position=0

5) Кремниевые технологии (2011) // ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ. Доступно за адресою: URL: https://vocable.ru/termin/kremnievye-tehnologii.html#tab-opr

6) Research at TSMC.Putting ideas into practice (2022) // Taiwan Semiconductor Manufacturing Company. Available at : URL: https://www.tsmc.com/english

7) Глушков В. М. (1962) Синтез цифровых автоматов. — М.: ГИФМЛ, 1962. — 476 с

8) Микропрограммные автоматы с жесткой и программируемой логикой (2024) // Helpiks. Доступно за адресою: URL: https://helpiks.org/4-12833.html.

9) Патент RU № 277857. Динамическое ассоциативное запоминающее устройство / Березовский С.А.. Дата публикации патента 07.03.1989. Бюл. № 9. Доступно за адресою: URL: http://www.findpatent.ru/patent/146/1464214.html
10) Березовский С.А. (2016) Динамическое ассоциативное запоминающее устройство //16 Українська конференція з космічних досліджень НАН України "Академперіодика" ОДЕСА 22–27 серпня 2016 р. – Доступно за адресою: URL: http://space- conf.ikd.kiev.ua/images/uploads/713ee588a454e746a6526ae264cb 2a60.pdf
11) Algorithms, software and architecture of multiprocessor systems (1982) / Ed. A.P. Ershov. — M.: Nauka, 1982. — 336 p.
12) Microcontrollers & Microprocessors (2022) // STMicroelectronics Available at : URL: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors.html
13) Глушков В. М. (1975) Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. М., «Статистика», 1975. 160 с. с ил. Доступно за адресою: URL: http://ogas.kiev.ua/sites/default/files/docs/2011/01/27/pdf/makroekonomicheskie_modeli_i_principy_postroeniya_ogas.pdf
14) Березовский С.А. (2016) 3D реконфигурируемая коммутационная структура на элементах Березовского / Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції (21–23вересня 2016 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. – С.89-91. – Доступно за адресою: URL: www.zntu.edu.ua/uploads/dept_s&r/2016/conf/3/MPARETIT-2016.pdf
15) Berezovsky, S. Reconfigurable commutation structures using the elements by Berezovsky // Proceedings - 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016 . pp. 531 – 533. SCOPUS
16) BEREZOVSKY S.A. 3D FRAME MODELS SWITCHING ELEMENTS BY BEREZOVSKY FOR SOFTWARE-CONFIGURABLE SWITCHING STRUCTURES // System Research and Information Technologies, 2018, № 4— pp. 67-81. Available at : DOI – DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2018.4.06 URL: http://journal.iasa.kpi.ua/article/download/152066/151393/329122
17) COMMUNICATIVE ASPECT OF SEMIOTICS OF COLORS AND LIGHT IN CONCEPTUAL CREATIVITY (2019) / S. Berezovskiy T. Kolyada-Berezovskaya, // Philosophy and Humanism. 1 (9). – Odessa, ONPU, 2019. Available at : URL: http://philhum.000webhostapp.com/index_ukr.php
18) Radio Frequency Identification (RFID) / FDA Research (2022) Available at : URL: https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/electromagnetic-compatibility-emc/radio-frequency-identification-rfid
19) Погорілий, С.Д., Білоконь, І.В. Бойко Ю.В. (2012) Технологія віртуалізації. Динамічна реконфігурація ресурсів обчислювального кластера // Математичні машини і системи, 2012, № 3 Доступно за адресою: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-virtualizatsiyi-dinamichna-rekonfiguratsiya-resursiv-obchislyuvalnogo-klastera

20) Communicative aspect of semiotics of colors and light in conceptual creativity (2019)/S. Berezovskiy, T. Kolyada-Berezovskaya //Philosophy and Humanism. 2 (9). – Odessa, ONPU, 2019. Available at : URL: http://philhum.000webhostapp.com /index_ukr.php
21) Система фізичних пристроїв ("речей"), яка дозволяє передавати та отримувати інформацію за допомогою бездротових мереж і без втручання людини // IOTCELL. Available at : URL: https://iot.lifecell.ua/uk
22) Особенности различных типов аккумуляторов // Catamobile. Available at : URL: https://catamobile.org.ua/osobennosti-razlichnyx-tipov-akkumulyatorov.html
23) Ученые разработали новый материал, который может непрерывно собирать энергию 24 часа в сутки // Available at : URL: https://ukranews.com/news/859655-uchenye-razrabotali-novyj-material-kotoryj-mozhet-nepreryvno-sobirat-energiyu-24-chasa-v-sutki
24) Qi стандарт // iSta.r Available at : URL: https://istar.kiev.ua/ua/a337811-standart-pitaniya.html
25) Electricity and Data Over-the-Air: The Simultaneous Transmission of 5G and Power // Tokyo Tech. Available at : URL: https://www.titech.ac.jp/english/news/2022/064259